

## VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON PROZESSWÄRME UND/ODER ELEKTRISCHER ENERGIE

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Prozesswärme und/oder elektrischer Energie für eine Maschine zur Herstellung und/oder

10 Veredelung einer Faserstoffbahn, insbesondere Papier- oder Kartonbahn.

Die Prozesswärme für Papiermaschinen wurde bisher durch Verbrennung fossiler Brennstoffe oder von Abfallprodukten erzeugt. Die elektrische Energie für Papiermaschinen wurde in entfernten Kraftwerken erzeugt.

15

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen. Dabei soll insbesondere auch der Einsatz von regenerativen Energien und/oder alternativen Brennstoffen möglich sein.

20 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass aus den bei der Herstellung und/oder Veredelung der Faserstoffbahn anfallenden Abfallprodukten Gas mit möglichst hohem Wasserstoffanteil erzeugt und dieses wasserstoffreiche Gas zur Erzeugung der erforderlichen Prozesswärme und/oder erforderlichen elektrischen Energie verwendet wird.

25

Aufgrund dieser Ausgestaltung können insbesondere auch regenerative Energien und/oder alternative Brennstoffe genutzt werden, wobei insbesondere auch die Abfallprodukte bei der Herstellung und/oder Veredelung einer Faser-

stoffbahn dienenden Maschine bzw. betreffenden Papiermaschine einer sinnvollen Nutzung zugeführt werden. Zudem ist nunmehr insbesondere auch eine dezentrale Energieerzeugung möglich.

5    Als Abfallprodukte können insbesondere Rinde, Fasern, Randbeschnitt und/oder dergleichen verwendet werden.

Die verwendeten Abfallprodukte können zunächst auch in Methanol umgewandelt werden. Alternativ oder zusätzlich ist insbesondere auch der Einsatz

10   einer so genannten DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) denkbar.

Gemäß einer bevorzugten praktischen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die verwendeten Abfallprodukte zunächst einem Reformer zugeführt. Dabei können die Kohlenwasserstoffe der verwendeten Abfallprodukte mittels des Reformers beispielsweise durch eine Autotherme Reformierung, eine Partielle Oxidation oder eine Dampfreformierung in ein wasserstoffreiches und ein kohlenmonoxidreiches Gas umgesetzt werden.

Zur Umsetzung von Kohlenmonoxid in weiteres wasserstoffreiches Gas können 20 dem Reformer eine oder auch mehrere Shift-Stufen nachgeschaltet werden.

Von Vorteil ist insbesondere auch, wenn dem Reformer bzw. der Shift-Stufe zur weiteren Kohlenmonoxid-Reduktion wenigstens eine weitere Prozessstufe nachgeschaltet wird.

25

Gemäß einer zweckmäßigen praktischen Ausgestaltung wird dem Reformer als weitere Prozessstufe eine Stufe zur Druckwechseladsorption nachgeschaltet.

Alternativ oder zusätzlich kann dem Reformer als weitere Prozessstufe z.B. auch eine Stufe zur selektiven Oxidation nachgeschaltet werden.

In dem Fall, dass die bei der Herstellung und/oder Veredelung der Faserstoffbahn anfallenden Abfallprodukte zur Deckung des Energiebedarfs nicht ausreichen, können dem Reformer zusätzliche Kohlenwasserstoffe und/oder zusätzlich H<sub>2</sub> zugeführt werden. Dabei ist beispielsweise eine Zufuhr von zusätzlichen Kohlenwasserstoffen in Form von Erdgas, Biomasse, Holzschnipsel und/oder dergleichen denkbar. Wenn H<sub>2</sub> verfügbar ist, d.h. z.B. ein H<sub>2</sub>-Netz vorhanden ist, kann, wie bereits erwähnt, zusätzlich insbesondere auch H<sub>2</sub> zugeführt werden.

Bevorzugt wird die Prozesswärme und/oder elektrische Energie jeweils an der Stelle der Maschine erzeugt, an der sie benötigt wird. Die Prozesswärme und/oder elektrische Energie kann also jeweils an, in oder nahe an dem betreffenden zu beheizenden bzw. mit elektrischer Energie zu versorgenden Aggregat der Maschine erzeugt werden.

Vorteilhafterweise wird die Prozesswärme und/oder elektrische Energie mittels wenigstens einer Brennstoffzelle aus dem erhaltenen wasserstoffreichen Gas und/oder aus zusätzlichem Wasserstoff beispielsweise aus einem Netz oder Tank erzeugt. Bevorzugt wird die Prozesswärme durch vorzugsweise katalytische Verbrennung des erhaltenen Wasserstoffs oder Methanols und/oder zusätzlichen Wasserstoffs beispielsweise aus einem Netz oder Tank erzeugt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert; in dieser zeigen:

Figur 1 ein Schaubild zur Umwandlung von Biomasse (Kohlenwasserstoffe) in Wasserstoff ( $H_2$ ) und

Figur 2 ein Prozessschaubild zur Erzeugung von Prozesswärme und/oder elektrischer Energie für eine Maschine zur Herstellung und/oder Veredelung einer Faserstoffbahn.

5

Anhand der Figuren 1 und 2 wird im Folgenden rein beispielhaft eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens zur Erzeugung von Prozesswärme und/oder elektrischer Energie für eine Maschine zur Herstel-

10 lung und/oder Veredelung einer Faserstoffbahn, insbesondere Papier- oder Kartonbahn, erläutert. Bei der betreffenden Maschine kann es sich also beispielsweise um eine Papiermaschine einschließlich der dieser vorgesetzten Stoffaufbereitung sowie eventueller Aggregate zur Veredelung der Faserstoff- bzw. Papierbahn handeln.

15

Dabei wird zunächst aus den bei der Herstellung und/oder Veredelung der Faserstoffbahn anfallenden Abfallprodukten Gas mit möglichst hohem Wasserstoffanteil erzeugt. Dieses wasserstoffreiche Gas wird dann zur Erzeugung der erforderlichen Prozesswärme und/oder erforderlichen elektrischen Energie 20 verwendet.

Bei den Abfallstoffen kann es sich beispielsweise um Rinde, für den weiteren Herstellungsprozess nicht mehr brauchbare Fasern, Randbeschnitt und/oder dergleichen, also generell um Biomasse bzw. Kohlenwasserstoffe handeln.

25 Außer Biomasse ist insbesondere auch ein Einsatz von Erdgas, Alkoholen und/oder dergleichen denkbar.

Die verwendeten Abfallprodukte können auch zunächst in Methanol umgewandelt werden.

Figur 2 zeigt ein Schaubild zur Umwandlung von Biomasse (Kohlenwasserstoffe) in Wasserstoff H<sub>2</sub>, wobei, wie bereits erwähnt, außer Biomasse beispielsweise auch Erdgas, Alkohole und/oder dergleichen eingesetzt werden können.

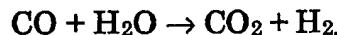
Wie anhand des Schaubildes der Figur 1 zu erkennen ist, können die Biomasse bzw. die verwendeten Abfallprodukte zunächst einem Reformer 10 zugeführt werden. Durch diesen Reformer 10 werden die betreffenden Kohlenwasserstoffe C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> in ein wasserstoffreiches Gas und ein kohlenmonoxidreiches Gas umgesetzt. Dazu wird dem Reformer 10 außer den Kohlenwasserstoffen C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> auch Luft zugeführt. Im Fall einer Autothermen Reformierung und einer Dampfreformierung wird auch zusätzlich noch Wasser zugeführt. Im Fall einer Partiellen Oxidation wird nur Luft zugeführt. Durch das Vorschalten des Reformers 10 kann der jeweilige Energieträger (z.B. Biomasse) also katalytisch in Wasserstoff bzw. ein wasserstoffreiches Gas umgewandelt werden. Dies geschieht im vorliegenden Fall beispielsweise bei einer Temperatur von etwa 800°C.

Die Kohlenwasserstoffe C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> der Biomasse bzw. der verwendeten Abfallprodukte können mittels des Reformers 10 beispielsweise durch eine Autotherme Reformierung, eine Partielle Oxidation oder eine Dampfreformierung in ein wasserstoffreiches und ein kohlenmonoxidreiches Gas umgesetzt werden. Dabei kann dem Reformer 10 zur Umsetzung von Kohlenmonoxid in weiteres wasserstoffreiches Gas eine Shift-Stufe 12 nachgeschaltet werden.

Im vorliegenden Fall erfolgt beispielsweise eine Dampfreformierung, bei der aus Kohlenwasserstoffen C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> in zwei Schritten Wasserstoff gewonnen wird. Im ersten Schritt wird im Reformer 10 der Kohlenwasserstoff C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> zunächst

in ein wasserstoffreiches und ein kohlenoxidreiches Gas umgesetzt. Das dabei entstandene Kohlenmonoxid (CO) wird nun getrennt und im zweiten Schritt, d.h. in der Shift-Stufe 12 mit Wasser oder Wasserdampf versetzt, so dass nochmals ein Anteil Wasserstoff entsteht. Die betreffende Reaktionsgleichung

5 lautet wie folgt:



$\text{H}_2$  und CO werden also nicht getrennt. CO und  $\text{H}_2\text{O}$  reagieren "selektiv"

10 miteinander.

Dem Reformer 10 bzw. der Shift-Stufe 12 kann zur weiteren Kohlenmonoxid-Reduktion wenigstens eine weitere Prozessstufe nachgeschaltet werden.

15 Dabei kann dem Reformer 10 bzw. der Shift-Stufe 12 als weitere Prozessstufe beispielsweise eine Stufe 14 zur Druckwechseladsorption und/oder eine Stufe 16 zur selektiven Oxidation nachgeschaltet werden.

Die Stufe zur Druckwechseladsorption (PSA, Pressure Swing Adsorption) kann 20 insbesondere die folgenden Schritte umfassen:

- Adsorption bei hohem Druck
- Druckabsenkung
- Spülen mit Produktgas bei niedrigem Druck
- 25 - Druckaufbau mit Rohgas bzw. Produktgas.

Bei der selektiven CO-Oxidation (Stufe 16) kann unter Sauerstoff- oder Luftzufuhr mit Hilfe eines Katalysators selektiv das Kohlenmonoxid zu  $\text{CO}_2$  oxi-

diert werden. Der Wasserstoffgehalt des Synthesegases bleibt dabei zumindest im wesentlichen erhalten.

In dem Fall, dass die bei der Herstellung und/oder Veredelung der Faserstoffbahn anfallenden Abfallprodukte zur Deckung des Energiebedarfs nicht ausreichen, können dem Reformer 10 zusätzliche Kohlenwasserstoffe zugeführt werden. Dabei können diese zusätzlichen Kohlenwasserstoffe dem Reformer 10 beispielsweise in Form von Erdgas, Biomasse, Holzschnipseln und/oder der gleichen zugeführt werden.

10

Die Prozesswärme und/oder elektrische Energie wird vorzugsweise jeweils an der Stelle der Maschine erzeugt, an der sie benötigt wird. Die Prozesswärme und/oder elektrische Energie kann also jeweils an, in oder nahe an dem betreffenden zu beheizenden bzw. mit elektrischer Energie zu versorgenden Aggregat der Maschine erzeugt werden.

Wie anhand der Figur 2 zu erkennen ist, kann die Prozesswärme und/oder elektrische Energie insbesondere mittels wenigstens einer Brennstoffzelle 18 aus dem erhaltenen wasserstoffreichen Gas erzeugt werden. Die Prozesswärme wird also bevorzugt durch katalytische Verbrennung des erhaltenen Wasserstoffs oder Methanols erzeugt werden.

Figur 2 zeigt ein Prozessschaubild zur Erzeugung der Prozesswärme bzw. elektrischen Energie für eine Papiermaschine 20, der Holz, Fasern und/oder dergleichen zugeführt werden und die Papier 10 liefert.

Anhand dieses Prozessschaubilds ist nochmals zu erkennen, dass in der Papiermaschine 20 anfallende Abfälle bzw. Biomasse einem Reformer 10 zuge-

führt werden. Diesem Reformer 10 wird im vorliegenden Fall beispielsweise zudem Erdgas zugeführt.

Der über den Reformer 10 erhaltene Wasserstoff  $H_2$  wird zum einen als  
5 Brennstoff direkt der Papiermaschine 20 zugeführt. Zum anderen wird vom Reformer 10 erzeugter Wasserstoff  $H_2$  wenigstens einer Brennstoffzelle 18 zugeführt, die im vorliegenden Fall sowohl Prozesswärme als auch elektrische Energie für die Papiermaschine 20 liefert.

Bezugszeichenliste

5

- 10      Reformer
- 12      Shift-Stufe
- 14      Stufe zur Druckwechseladsorption
- 10 16      Stufe zur selektiven Oxidation
- 18      Brennstoffzelle
- 20      Papiermaschine

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Erzeugung von Prozesswärme und/oder elektrischer Energie für eine Maschine (20) zur Herstellung und/oder Veredelung einer Faserstoffbahn, insbesondere Papier- oder Kartonbahn, dadurch gekennzeichnet, dass aus den bei der Herstellung und/oder Veredelung der Faserstoffbahn anfallenden Abfallprodukten Gas mit möglichst hohem Wasserstoffanteil erzeugt und dieses wasserstoffreiche Gas zur Erzeugung der erforderlichen Prozesswärme und/oder erforderlichen elektrischen Energie verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Abfallprodukte Rinde, Fasern, Randbeschnitt und/oder dergleichen verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die verwendeten Abfallprodukte zunächst in Methanol umgewandelt werden und/oder dass eine DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die verwendeten Abfallprodukte zunächst einem Reformer (10) zu-  
geführt werden.

5

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Kohlenwasserstoffe der verwendeten Abfallprodukte mittels des  
Reformers (10) durch eine Autotherme Reformierung in ein wasserstoff-  
reiches und ein kohlenmonoxidreiches Gas umgesetzt werden.

10

6. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Kohlenwasserstoffe der verwendeten Abfallprodukte mittels des  
Reformers (10) durch eine Partielle Oxidation in ein wasserstoffreiches  
und ein kohlenmonoxidreiches Gas umgesetzt werden.

15

7. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Kohlenwasserstoffe der verwendeten Abfallprodukte mittels des  
Reformers (10) durch eine Dampfreformierung in ein wasserstoffreiches  
und ein kohlenmonoxidreiches Gas umgesetzt werden.

20

8. Verfahren nach einem Ansprüche 4 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Reformer (10) zur Umsetzung von Kohlenmonoxid in weiteres  
wasserstoffreiches Gas eine Shift-Stufe (12) nachgeschaltet wird.

25

9. Verfahren nach einem Ansprüche 4 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Reformer (10) bzw. der Shift-Stufe (12) zur weiteren Kohlenmonoxid-Reduktion wenigstens eine weitere Prozessstufe (14, 16) nachgeschaltet wird.  
5
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Reformer (10) als weitere Prozessstufe eine Stufe (14) zur Druckwechseladsorption nachgeschaltet wird.  
10
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Reformer (10) als weitere Prozessstufe eine Stufe (16) zur selektiven Oxidation nachgeschaltet wird.  
15
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in dem Fall, dass die bei der Herstellung und/oder Veredelung der Faserstoffbahn anfallenden Abfallprodukte zur Deckung des Energiebedarfs nicht auseichen, dem Reformer (10) zusätzliche Kohlenwasserstoffe und/oder zusätzlich H<sub>2</sub> zugeführt werden.  
20
13. Verfahren nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zusätzlichen Kohlenwasserstoffe dem Reformer (10) in Form von Erdgas, Biomasse, Holzschnipseln und/oder dergleichen zugeführt werden.  
25

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Prozesswärme und/oder elektrischer Energie jeweils an der  
Stelle der Maschine (20) erzeugt wird, an der sie benötigt wird.

5

15. Verfahren nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Prozesswärme und/oder elektrischer Energie jeweils an, in oder  
nahe an dem betreffenden zu beheizenden bzw. mit elektrischer Energie  
zu versorgenden Aggregat der Maschine (20) erzeugt wird.

10

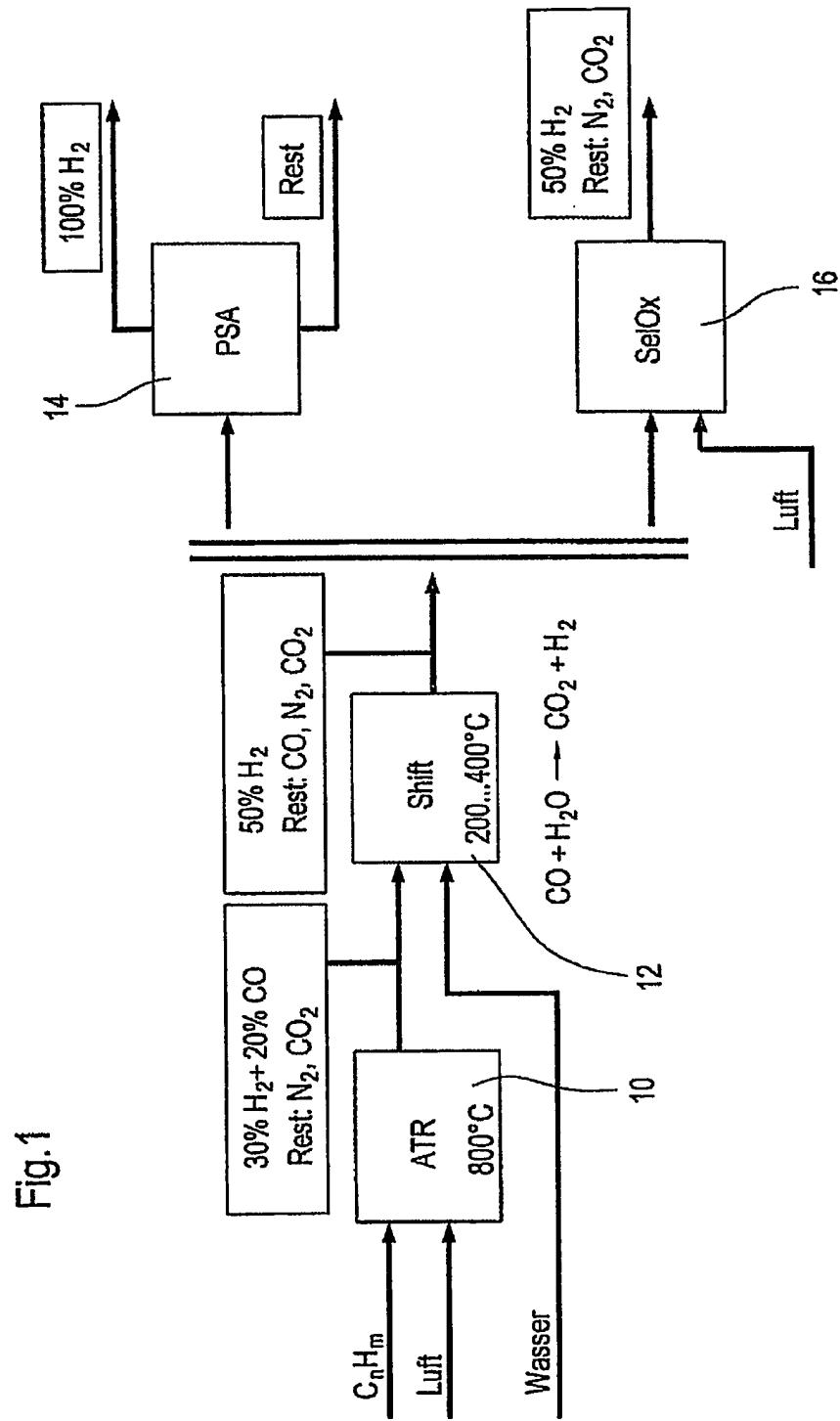
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Prozesswärme und/oder elektrische Energie mittels wenigstens  
15 einer Brennstoffzelle (18) aus dem erhaltenen wasserstoffreichen Gas  
und/oder aus zusätzlichem Wasserstoff beispielsweise aus einem Netz  
oder Tank erzeugt wird.

15

20

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Prozesswärme durch vorzugsweise katalytische Verbrennung  
des erhaltenen Wasserstoffs oder Methanols und/oder zusätzlichen Was-  
serstoffs beispielsweise aus einem Netz oder Tank erzeugt wird.

1/2



2/2

